

降压型DC/DC开关稳压电源调节器

MXT2596

◆概述

MXT2596系列是降压型开关稳压器，具有非常小的电压调整率和电流调整率。且能够提供3A的负载驱动。MXT2596系列有3.3V、5V、12V三个固定输出电压版本和一个输出电压可调（ADJ）的版本。

MXT2596系列的外围元件少，应用简单，内置频率补偿电路和固定频率振荡器。MXT2596系列的开关频率为150KHz，所以可以使用小尺寸的滤波元件。

MXT2596系列的每种版本都有5-Lead TO-220（T）（直插式）与5-Lead TO-263（贴片装）两种封装类型。

在规定输入电压和输出负载的条件下，MXT2596系列的输出电压容差为 $\pm 4\%$ ，振荡频率的容差为 $\pm 15\%$ 。

MXT2596系列的待机电流为 $75\mu A$ （典型值），内置两级过流保护电路和过热保护电路。

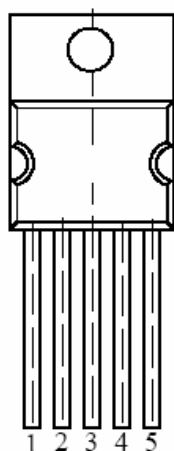
◆特点

- ※ 3.3V、5V、12V固定输出版和输出可调版
- ※ 负载电流达到3A
- ※ 输入电压达到40V
- ※ 外围只需四个元件
- ※ 电压调整率和电流调整率非常小
- ※ 内置固定频率振荡器
- ※ TTL电平关断功能
- ※ 待机电流仅为 $75\mu A$
- ※ 转换效率高
- ※ 内置过热保护电路和限流保护电路

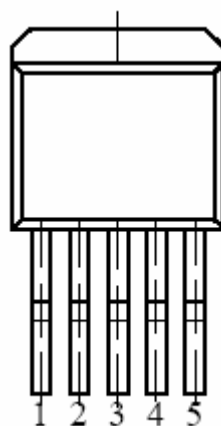
◆应用领域

- ※ 高效降压型调节器
- ※ 在线式开关调节器
- ※ 负电压转换器

◆管脚设置



5-Lead TO-220(T)

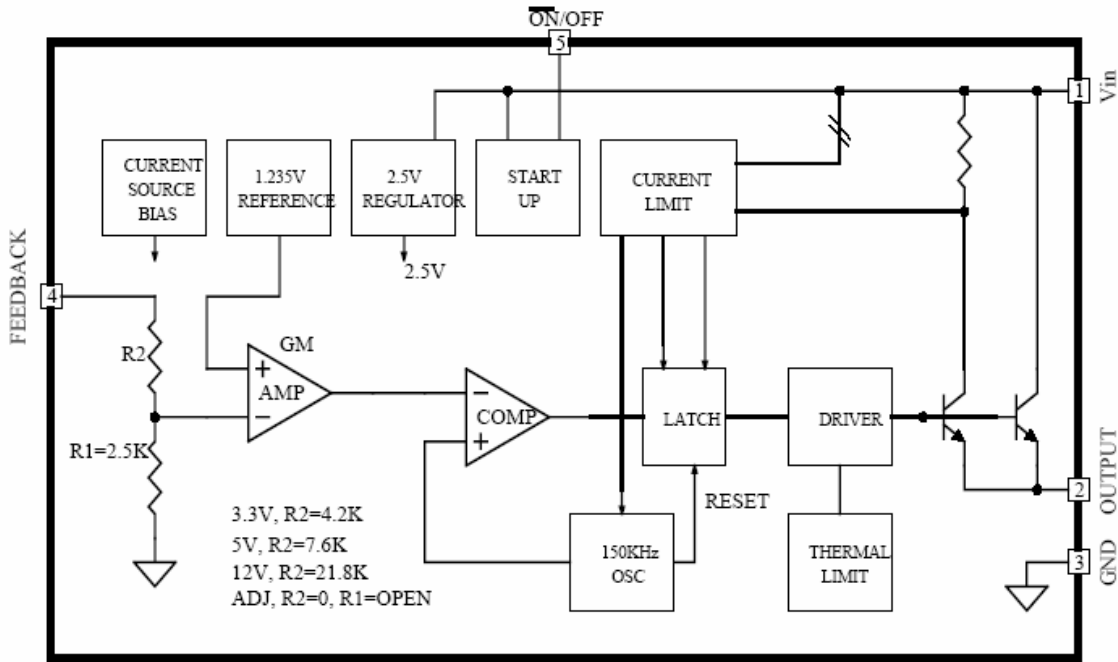


5-Lead TO-263(S)

管脚设置

序号	1	2	3	4	5
管脚符号	Vin	Output	GND	Feedback	ON/OFF
说明	直流输入	直流输出	电源地	反馈端	使能端

功能框图



最大绝对额定值(注1)

名称			范围	单位
最大电源电压			40	V
ON/OFF 脚输入电压			-0.3~+25	V
“反馈”脚电压			-0.3~+25	V
到地的输出电压（静态）			-1	V
功耗			由内部限定	—
储存温度			-65~+150	℃
ESD保持能力（人体放电）（注2）			2	KV
焊接时的 管脚温度	T0-263	气焊（60秒）	+215	℃
		红外线焊接（10秒）	+245	℃
	T0-220	电烙铁焊接（10秒）	+260	℃
最高工作温度			+150	℃
工 作 条 件	温度范围		-40~+125	℃
电源电压			4.5~40	V

◆MXT2596-5 电气特性

除非特别说明, $V_{in}=12V$, $I_{LOAD}=500mA$ 。(说明: 本参数适合于芯片结温 $T_J=25^{\circ}C$)

符号	参数说明	条件	MXT2596—5.0			单位
			最小 (注4)	典型 (注3)	最大 (注4)	
器件参数						
I _b	反馈偏置 电流	只对输出可调类 型, V _{FB} =1.3V	--	10	60	nA
f ₀	振荡器频 率	(见注6)	127	150	173	KHz
V _{SAT}	饱和压降	I _{OUT} =3A(注6、7)	--	1.26	1.4	V
DC	最大占空 比(ON)	(见注8)	--	100	--	%
	最小占 空比 (OFF)	(见注9)		0		%
I _{CL}	过流限制	峰值电流(注7、8)	--	4.9	--	A
I _L	输出漏电 流	输出为0V(注7、9)	--	--	50	μA
I _Q	静态电流	(见注9)	--	8.6	10	mA
I _{STBY}	待机电流	 ON/OFF脚=5V (OFF) (注10)	--	75	200	μA
θ _{JC}	热阻	T0-220或T0-263	--	2	--	℃/W
θ _{JA}		T0-263(注11)	--	50	--	℃/W
θ _{JA}		T0-263(注12)	--	50	--	℃/W
θ _{JA}		T0-263(注13)	--	30	--	℃/W
θ _{JA}		T0-263(注14)	--	20	--	℃/W

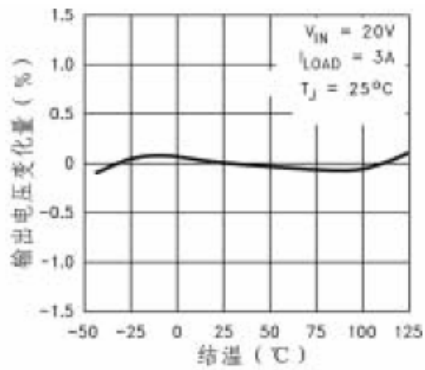
电特性 (续)

符号	参数说明	条件	MXT2596—XX			单位
			最小 (注4)	典型 (注3)	最大 (注4)	
ON/OFF控制 测试电路见图1						
V _{IH} V _{IL}	ON/OFF脚 输入阈值 电压	最大输入低电平 最小输入高电平	2.0	1.3	0.8	V (max) V (min)
I _H	ON/OFF脚 输入电流	V _{LOGIC} =2.5V (OFF)	--	4.5	15	μ A
I _L		V _{LOGIC} =0.5V (ON)	0.001	0.6	--	μ A
V _{OUT}	输出电压	7V≤Vin≤40V 0.2A≤I _{LOAD} ≤3A	4.80	5	5.2	V
η	效率	Vin=12V, I _{LOAD} =3A	--	79	--	%

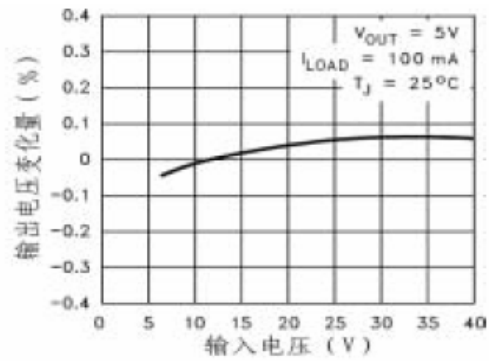
- 注1：最大绝对额定值给器件的正常工作范围做了限制，超过这些条件时器件有可能损坏。
- 注2：人体放电模式相当于一个100pF的电容通过一个1.5K Ω 的电阻向每个管脚放电。
- 注3：典型数据是指在工作在25℃下，代表最常见的情况。
- 注4：所有的范围保证在室温和极限温度下，所有室温下的范围都是经过100%测试得出的，所有的极限温度下的范围都可以通过使用相关的标准统计质量控制方法来加以保证。
- 注5：外部元件为续流二极管、储能电感、输入和输出端电容，输出电压可调型的编程电阻会影响开关调节器的系统性能，MXT2596用在如图1所示测试电路中时，其系统性能如电气特性中的系统参数所示。
- 注6：当第二级电流限制起作用时，开关频率会降低，降低值决定于过流程度。
- 注7：输出管脚不连接二极管、电感或电容。
- 注8：把反馈端直接连接到0V电压，强制输出开关管常开启。
- 注9：把连接在调整器输出脚的反馈端断开， $V_{OUT}=3.3V$ 、5V或ADJ型的MXT2596反馈端连接12V电压； $V_{OUT}=12V$ 的MXT2596反馈端连到15V电压，强制输出开关管常关闭。
- 注10： $V_{in}=36V$ 。
- 注11：环境热阻（不外加散热片）是指T0-220封装的MXT2596垂直焊接在覆盖有铜皮面积约为1平方英寸/盎司的PCB上所对应的热阻。
- 注12：T0-263封装的MXT2596垂直焊接在覆盖有面积约为0.5平方英寸/盎司铜箔的PCB上所对应的环境热阻。
- 注13：T0-263封装的MXT2596垂直焊接在覆盖有面积约为2.5平方英寸铜箔的PCB上所对应的环境热阻。
- 注14：T0-263封装的MXT2596垂直焊接在覆盖有面积约为3平方英寸/盎司铜箔的PCB上所对应的环境热电阻电阻，而PCB的另一面覆盖有面积约为16平方英寸/盎司铜箔。

◆典型特性曲线

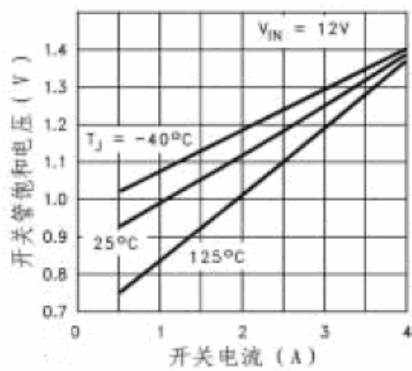
温度特性



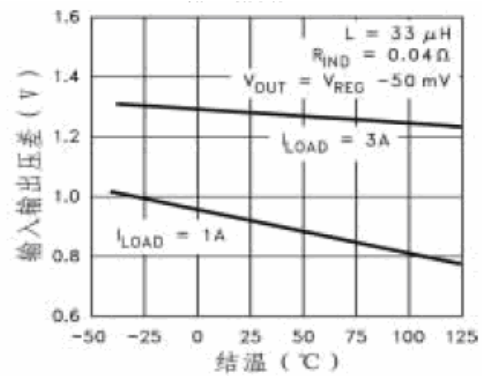
电压调整率



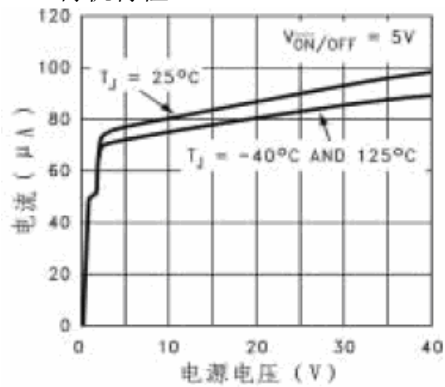
饱和压降



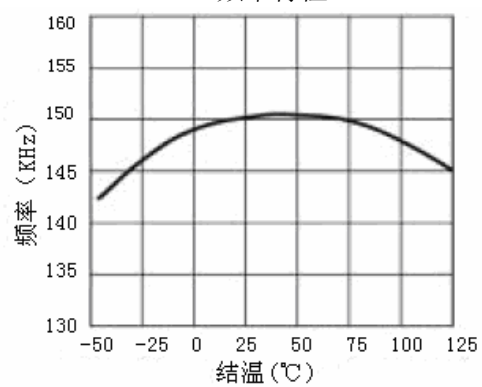
输入输出压差



待机特性



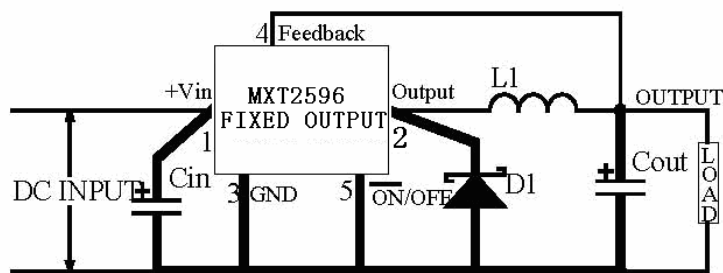
频率特性



◆ 测试电路和PCB版图指导

测试电路

固定输出电压型



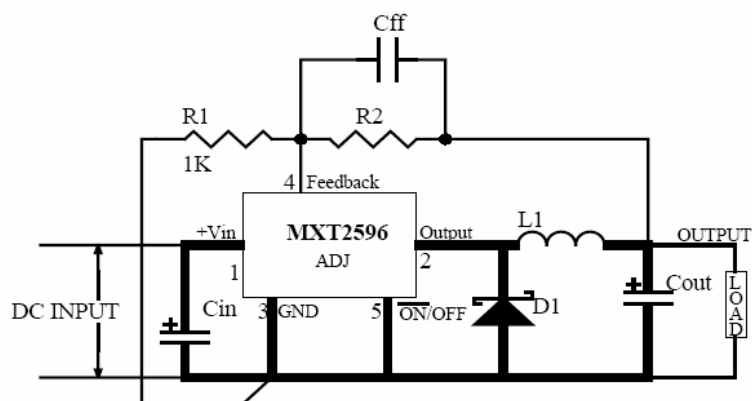
C_{IN} —470 μ F 50V C_{OUT} —220 μ F 25V (Nichicon PL 系列铝电解电容)

D1 —5A 40V肖特基整流二极管 IN5825 L1 —68 μ H, L38

注1: 反馈线要远离电感, 电路中的粗线一定要短, 最好用地线屏蔽

注2: 上图右为滤纹波接线图, Cfilter的串联电阻必需小

可调输出电压型



$$V_{OUT} = V_{REF} \left(1 + \frac{R_2}{R_1} \right) \quad R_2 = R_1 \left(\frac{V_{OUT}}{V_{REF}} - 1 \right) \quad V_{REF} = 1.23V$$

为了使电路稳定, 选R1阻值为1K, 误差精度为1%。

C_{IN} —470 μ F 50V C_{OUT} —220 μ F 35V (Nichicon PL 系列铝电解电容)

R1 —1K Ω , 1%。

D1 —5A 40V IN5825 (肖特基整流二极管)

L1 —68 μ H CFF —参照应用说明

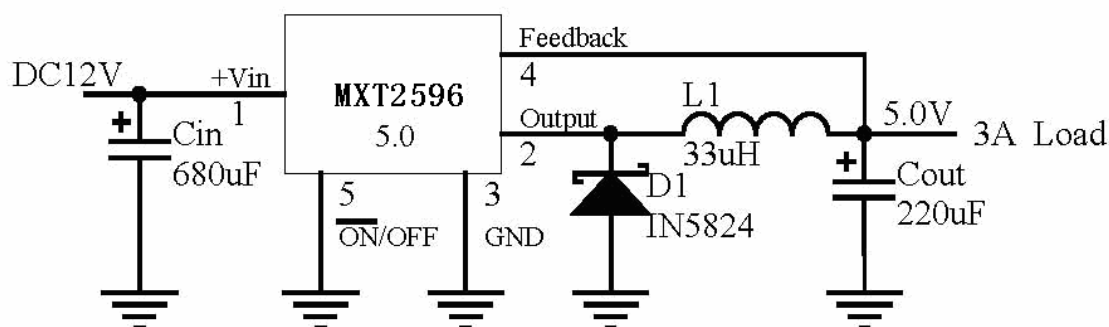
注1: 反馈线要远离电感, 电路中的粗线一定要短, 最好用地线屏蔽

注2: R2应尽量靠近反馈脚

图1: 标准测试电路与PCB版图指导

◆应用指南

典型应用电路



管脚描述

Vin—正电源输入端，为减小输入瞬态电压和给调节器提供开关电流，此管脚应接旁路电容。

GND—电路地端。

Output—开关输出端，输出高电压为 $(V_{in} - V_{SAT})$ ，输出低电压为 $-0.5V$ 。

Feedback—反馈端。

ON/OFF—待机端，低电平有效。

外部元器件

输入电容 C_{IN} —在输入端和地之间需要加一个具有低等效串联电阻的铝或钽旁路电容，这个电容可以抑制在输入端出现大的瞬态电压，同时为MXT2596在每次开关时提供瞬态电流。

前反馈电容 C_{FF} (可调输出电压型)—当输出电压大于10V或输出电容的等效串联电阻很小时，要加一个前馈电容 C_{FF} ，这个电容是用来对反馈环路进行补偿和增加相位裕量以提高环路的稳定性。

输出电容 C_{OUT} —这个电容是用来对输出滤波以及提高环路的稳定性，在设计开关调节器的应用中，必须使用小阻抗或低等效串联电阻的电解电容或固态钽电容。输出电容的等效串联电阻值有上下限，如果要得到小的输出纹波电压，则输出电容的等效串联电阻值要小，这个值由可允许的最大纹波电压决定，但是，如果输出电容的等效串联电阻值太小，就有可能使反馈环路不稳定，最终导致输出端振荡。铝电解电容的等效串联电阻值与其电容值和耐压值有关，在许多情况下，耐压值高的电解电容的等效串联电阻就小，通常，在需要小的输出纹波电压、等效串联阻抗低的情况下，要选用耐压值高的电解电容。

续流二极管 D —在降压型开关调节器中需要一个续流二极管为关态时的电感电流提供回路，续流二极管必须靠近MXT2596、管脚要短、相连接的导线也要短。由于肖特基二极管开关速度快、正向压降小，所以，使用中其性能很好，特别是在输出电压较低的情况（5V或更低）中使用。超快恢复（小于50ns）的整流二极管也是可选的，但是有些在突然关断时，可能会引起不稳定或电磁干扰问题。

电感 L —所有开关调节器都有两种基本的工作方式：连续型和非连续型，两者之间的区别在于流过电感的电流的不同，即电感电流若是连续的为连续型；电感电流在一个开关周期内降到零为非连续型。每一种工作模式都有可以影响开关调节器的性能和要求。当负载电流很小时，在设计中可采用非连续模式。MXT2596既可以用于连续型也可以用于非连续型。通常情况下，连续工作模式具有好的工作特性，此模式能提供较大的输出功率、较小的峰峰值电流和较低的纹波电压。一般应用可用下式进行选择：

$$L = (5 \sim 10) \frac{V_o}{300 I_o} \left(1 - \frac{V_o}{V_{IN}}\right) \text{mH}$$

●固定输出电压型MXT2596调节器的设计步骤

条件：

V_{OUT} = 固定输出电压 (3.3V、5V、12V)

V_{in} =最大直流输入电压

I_{LOAD} =最大负载电流

1、电感的选择 (L_1)

- A、要根据图2、图3和图4所示的数据选择电感的适当值（分别对应输出电压为3.3V、5V和12V），对于所有的其他输出电压的情况，请看可调输出电压调节器的设计步骤。
- B、在最大输入电压线和最大负载电流线的交叉区域选择电感值，每一个区域都对应一个电感值和一个电感代号（LXX）。

2、输出电容的选择 (C_{OUT})

- A、使用82 μF 到820 μF 之间的低等效串联电阻的电解电容或1 μF 到470 μF 之间的低等效串联电阻的钽电容。电容应该靠近IC，同时，电容的管脚要短，连接的铜线也要短。不要使用电容值大于820 μF 的电容。
- B、电解电容的耐压值至少是输出电压的1.5倍。为了得到纹波小的输出电压，则需用耐压值更高的电容。

3、续流二极管的选择 (D_1)

- A、二极管的最大承受电流能力至少为最大负载电流的1.3倍，如果设计的电源要承受连续电流能力要等于MXT2596的最大限流值。对续流二极管来说，最坏的情况是过载或输出短路。
- B、续流二极管的反向耐压至少要为最大输入电压的1.25倍。
- C、续流二极管必须是反向恢复时间短、管脚要短、连接的铜线短且位置靠近MXT2596的二极管。由于所需的二极管开关速度快、正向压降低，所以肖特基二极管是首选，因为它能提供很好的性能和效率，特别是在低输出电压情况下更是如此。二极管的典型恢复时间为50ns或更小，象IN5400系列的整流二极管速度很慢，通常不用。

4、输入电容的选择 (C_{IN})

- A、为了防止在输入端出现大的瞬态电压，在输入端和地之间要加一个低等效串联电阻的铝或钽电容作为旁路电容，这个电容要靠近IC。另外，输入电容的电流均方根值至少为直流负载电流的1/2。要确保所选的电容的这个参数不能低于直流负载电流的一半。几个不同的铝电解电容的典型均方根电流值所对应的曲线如图7所示
- B、对铝电解电容，其耐压值要为最大输入电压的1.5倍。必须注意的是，如果使用了钽电容，则它的耐压要为输入电压的2倍，推荐使用生产厂家测试过浪涌电流的电容。使用瓷片电容为输入旁路电容时要特别小心，因为这可能会在输入脚处引起非常严重的噪声。

●固定输出电压型MXT2596调节器的设计举例

条件：

$$V_{OUT}=5V, V_{in}(\max)=12V, I_{LOAD}(\max)=3A$$

步骤：

1、电感的选择 (L_1)

- A、按图3所示的电感选择方法选择输出为5V时的电感。
- B、由图3可见，电压为12V的水平线和电流为3A的垂直线的交叉区域所对应的电感值为33 μH ，代号为L40。
- C、所需的电感值为33 μH 。通常，表面贴式和直插式的电感都有。

2、输出电容的选择 (C_{OUT})

- A、在这个例子中，可以选择几个不同厂家的直插电解电容。
330 μF 35V Panasonic HFQ系列
330 μF 35V Nichicon PL系列
- B、输出电压为5V时，则电容的耐压至少应为7.5V或更高。但是，即使在低等效电阻下，220 μF /10V的铝电解电容也会寄生大约225m Ω 的等效阻抗(参考图8)，这么大的等效电阻会在输出端产生相对高的输出纹波电压。要把纹波电压降到输出电压的1%或更低，就需要选择一个耐压（低等效电阻的）更高或容值更高的电容。一个16V或25V的电容几乎可以把纹波电压降到原来的一半。

3、续流二极管的选择 (D1)

在这个例子中, 5A/20V的肖特基二极管IN5823可以提供很好的特性, 而且在输出短路的情况下, 也不会过载。

4、输入电容的选择 (C_{IN})

输入耐压和电流均方根是输入电容的重要参数。如果输入电压是12V, 那么铝电解容耐压要大于18V ($1.5 \times V_{in}$), 电容耐压值应为25V。在调节器中, 输入电容的电流均方根大约是直流负载电流的1/2, 在本例中, 负载电流为3A, 那么, 输入电容电流均方根至少为1.5A。利用图7所示的曲线图可以选择合适的电容。在曲线图中, 35V的电压线所对应的电流均方根值大于1.5A的电容为680 μ F, 于是我们就可以选择680 μ F/35V的电容。对于选择直插元件的设计, 680 μ F/35V的电解电容就足够了, 其他种类或其他厂家的电容也可以用来提供足够的均方根纹波电流。对于选择表贴元件的设计, 可以选用固态钽电容, 但是, 要注意的是, 必须测试电容的浪涌电流值。

●可调输出电压型MXT2596调节器的设计步骤

条件:

V_{OUT} 为可调节的输出电压

$V_{in(max)}$ 为最大直流输入电压

$I_{LOAD(max)}$ 为最大负载电流

F=开关频率 (为固定值150KHz)

步骤:

1、输出电压值的计算 (即选择图1中的R1和R2)

利用以下的公式来选择适当的电阻值,

$$V_{OUT} = V_{REF} \left(1 + \frac{R_2}{R_1} \right)$$

$$(V_{REF} = 1.23V)$$

R1的阻值应选定在240 Ω 和1.5K Ω 之间。阻值越小, 会使敏感的反饋脚的噪声降到最小 (选用精度为1%金属膜电阻, 可以使温度系数降低, 随时间的稳定度最好)。

$$R_2 = R_1 \left(\frac{V_{OUT}}{V_{REF}} - 1 \right)$$

2、电感的选择 (L1)

A、可以通过以下的公式计算电感电压·微秒常数E·T (V· μ s)

$$E \cdot T = (V_{IN} - V_{OUT} - V_{SAT}) \cdot \frac{V_{OUT} + V_D}{V_{IN} - V_{SAT} + V_D} \cdot \frac{1000}{150KHz} (V \cdot \mu s)$$

这里的VSAT为内部开关管饱和电压, 且VSAT=1.1 6V, VD为二极管正向压降, VD=0.5V。

B、用前面公式中所得的E·T值, 从图5的纵坐标上找一个相匹配的电感序号。

C、在横坐标上选一个最大的负载电流。

D、由E·T值和最大的负载电流值的交叉处确定一个电感区域, 每个区域都由一个和一个电感序号 (LXX) 表示电感值。

3、输出电容的选择 (C_{OUT})

A、在大多数的应用中, 使用82 μ F~820 μ F之间的低等效串联电阻的电解电容或固态钽电容效果最好, 电容要靠近IC, 管脚要短, 连接的铜线要短。不要使用大于820 μ F的电容。

B、电解电容的耐压值至少是输出电压的1.5倍, 有时为了得到纹波小的输出电压, 则需电容耐压值更高。

4、前反馈电容 (C_{FF}, 见图1)

A、当输出电压大于10V，或输入输出压差较小，或输出电容的等效串联电阻非常小时，就需要一个补偿电容，以使输出更加稳定，其典型值在100pF~33nF之时，与电阻R2并联使用。如固态钽电容。

$$C_{FF} = \frac{1}{31 \times 10^3 \times R_2}$$

这个电容可以是瓷片电容、塑胶或云母电容等（由材料Z5U所作的瓷片电容性能不稳定，建议不要使用）。

5、续流二极管的选择（D1）

A、续流二极管的最大承受电流能力至少为最大负载电流的1.3倍。如果设计的电源必须承受连续的输出短路，则续流二极管的最大承受电流能力要等于MXT2596的最大限流值。对续流二极管来说，最坏的情况是过载或输出短路。

B、续流二极管的反向耐压至少要为最大输入电压的1.25倍。

C、续流二极管必须是反向恢复时间短、管脚要短、连接的铜线短且位置靠近MXT2596的二极管。由于所需的二极管开关速度快、正向压降低，所以肖特基二极管是首选，因为它能提供很好的性能和效率，特别是在低输出电压情况下更是如此。使用快速恢复和高效整流二极管效果也很好，但是一些有快速关断性能的器件可能会引起电路不稳定性或电磁干扰的问题。二极管的典型恢复时间为50ns或更小，象IN4001系列的整流二极管速度很慢，通常不用。

6、输入电容的选择（C_{IN}）

A、为了防止在输入端出现大的瞬态电压，在输入端和地之间要加一个低等效串联电阻的铝电解电容或钽电容。这个电容要靠近IC。另外，输入电容的电流均方根值至少要为直流负载电流的1/2。要确保所选的电容的这个参数不能低于直流负载电流的一半。几个不同的铝电解电容的典型均方根电流值所对应的曲线如图7所示。

B、对铝电解电容，其耐压值要为最大输入电压的1.5倍。必须注意的是，如果使用了钽电容，则它的耐压要为输入电压的2倍，推荐使用生产厂家测试过浪涌电流的电容。使用瓷片电容为输入旁路电容时要特别小心，因为这可能会在输入脚处引起非常严重的噪声。

●可调输出电压型MXT2596调节器的设计举例

条件：

$$V_{OUT}=20V$$

$$V_{IN(max)}=28V$$

$$I_{LOAD(max)}=3A$$

$$F=\text{开关频率（为固定值150KHz）}$$

步骤：

1、输出电压值的计算（即选择图1中的R1和R2）

选择精度为1%的1KΩ的电阻R1，来计算R2，

$$R_2 = R_1 \left(\frac{V_{OUT}}{V_{REF}} - 1 \right) = 1K \left(\frac{20V}{1.23V} - 1 \right)$$

$$R_2 = 1K (16.26 - 1) = 15.26K, \text{ 接近于精度为1\%的15.4K, 所以, } R_2 = 15.4K\Omega.$$

2、电感的选择（L1）

A、可以通过以下的公式计算电感的电压·微秒常数E·T

$$E \cdot T = (28 - 20 - 1.16) \times \frac{20 + 0.5}{28 - 1.16 + 0.5} \times \frac{1000}{150} (V \cdot \mu s)$$

$$E \cdot T = 6.68 \times \frac{20.5}{27.34} \times 6.67 (V \cdot \mu s) = 34.2 (V \cdot \mu s)$$

B、 $E \cdot T = 34.2 (V \cdot \mu s)$

C、 $I_{LOAD(max)} = 3A$

D、图5所示，由34 ($V \cdot \mu s$) 的水平线和3A的垂直线的交叉处所确定的电感为47 μH ，电感代号为L39。

3、输出电容的选择 (C_{OUT})

A、在这个例子中，可以选择几个不同厂家的直插电解电容。

220 $\mu F/35$ Panasonic HFQ系列

150 $\mu F/35V$ Nichicon PL系列

B、当输出电压为20V时，电容的耐压至少应为30V或更高。在本例中，35V或50V的电容都可使用。如果需要低的输出纹波电压时，选择耐压值为50V的电容，否则选择耐压值为35V的电容。

4、前反馈电容 (C_{FF})

在本例中，需要一个560pF的电容。

5、续流二极管的选择 (D1)

在这个例子中，5A/40V的肖特基二极管IN5825可以产生很好的效果，而且在输出短路的情况下，也不会过载。

6、输入电容的选择 (C_{IN})

输入耐压和电流均方根是输入电容的重要参数。如果输入电压是28V，那么铝电解电容的耐压要大于42V ($1.5 \times V_{in}$)，使用耐压值为50V的电容可靠性更好。使用电容耐压值 ($1.5 \times V_{in}$) 是一种保守的方法，若需要可以对它加以修改。MXT2596的输入电容的电流均方根大约是直流负载电流的1/2，在本例中，负载电流为3A，那么输入电容的电流均方根至少为1.5A，利用图7所示的曲线图可以选择合适的电容。在曲线图中，注意50V的电压线所对应的电流均方根值大于1.50 A的电容，于是我们就可以选出一个680 $\mu F/50V$ 或为470 $\mu F/50V$ 的电容。对于选择直插元件的设计，680 $\mu F/50V$ 的电解电容就足够了，其他种类或其他厂家的电容也可以用来提供足够的均方根纹波电流。对于选择表贴元件的设计，可以选用固态钽电容，但是要注意的是，必须测试电容的浪涌电流值。

●可调输出电压型MXT2596调节器的设计步骤(续)

MXT2596调节器的设计步骤

电感值选择指南(连续工作模式)

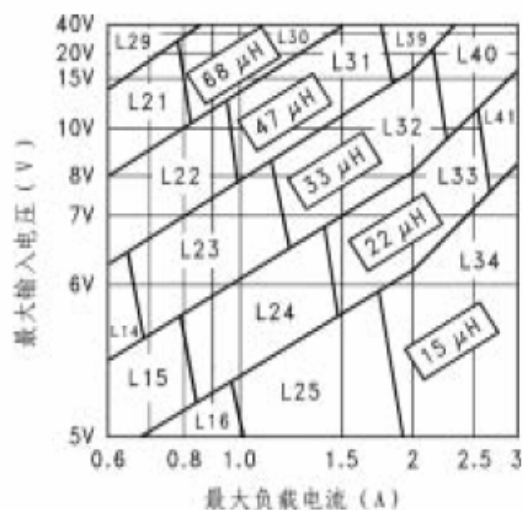


图2 MXT2596—3.3

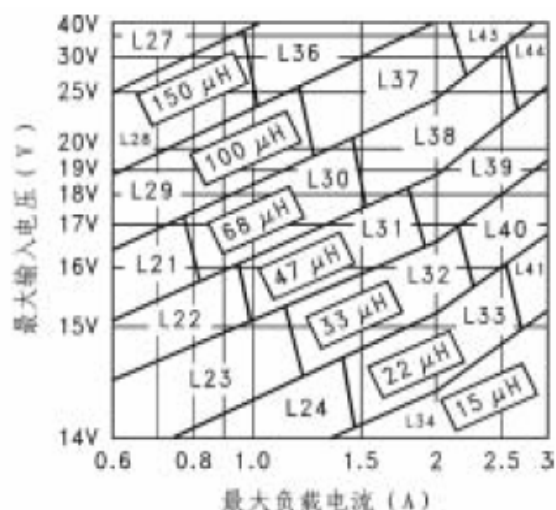


图3 MXT2596—5.0

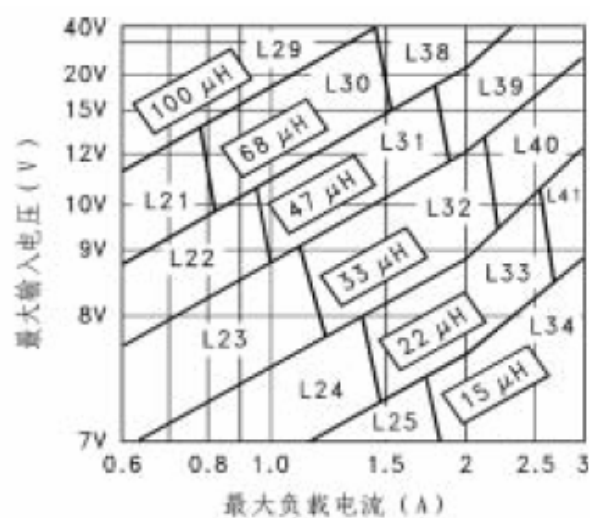


图4 MXT2596—12

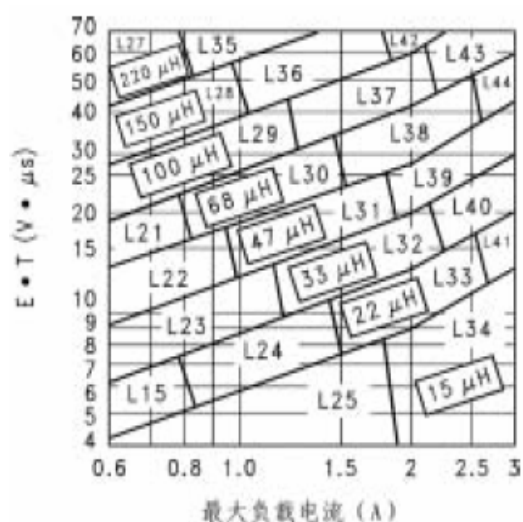
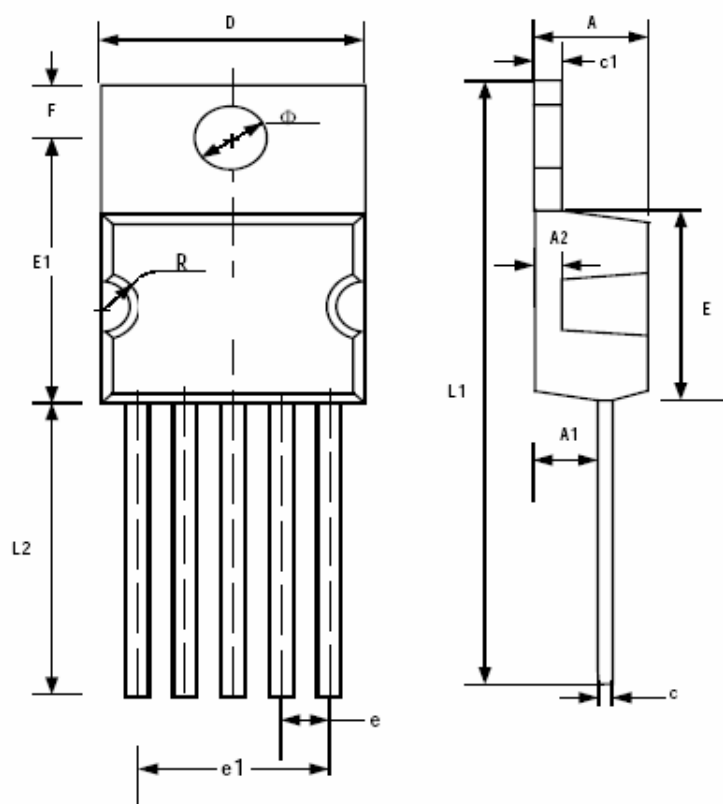


图5 MXT2596—ADJ

◆封装外形图

T0-220(T)



Symbol	Dimensions In Millimeters		Dimensions In Inches	
	Min	Max	Min	Max
A	4.470	4.670	0.176	0.184
A1	2.520	2.820	0.099	0.111
A2	1.170	1.370	0.046	0.054
b	0.710	0.910	0.028	0.036
c	0.310	0.530	0.012	0.021
c1	1.170	1.370	0.046	0.054
D	10.010	10.310	0.394	0.406
E	8.900	9.300	0.350	0.366
E1	12.460	12.860	0.491	0.506
e	1.700TYP		0.220TYP	
e1	6.700	6.900	0.264	0.272
F	2.590	2.890	0.102	0.114
L1	28.700	29.100	1.130	1.146
L2	13.36	13.76	0.526	0.542
R	0.950	1.050	0.037	0.041
Φ	3.790	3.890	0.149	0.153

